

Схема уровней энергии различных примесей в Si (а) и Ge (б).

В случае примесей внедрения донорный или акцепторный характер П. у. не зависит от их валентности, а определяется величиной электроотрицательности. Если электроотрицательность у примесных атомов больше, чем у атомов матрицы, то П. у. наз. акцепторными, в обратном случае — донорными. Одна и та же примесь может быть донором при замещении и акцептором при внедрении (напр., O в Si) либо наоборот.

П. у. локализованы вблизи дефектов. При очень высоких концентрациях примесей волновые ф-ции, соответствующие П. у., перекрываются, что приводит к «размыванию» П. у. в примесные зоны.

Лит. см. при ст. Полупроводники. В. М. Эпштейн.

ПРИМЕСНЫЙ АТОМ — атом кристалла, хим. природа к-рого отлична от хим. природы осн. атомов, образующих кристалл. П. а. относятся к точечным дефектам и приводят к нарушению строгой периодичности идеального кристалла. П. а. располагаются либо в узлах кристаллич. решётки, замещая осн. атомы (примесь замещения), либо в междоузлиях (примесь внедрения). **ПРИМЕСОН** — квазичастица, характеризующая поведение примесного атома в квантовых кристаллах. Вследствие большой величины амплитуды нулевых колебаний атомов в квантовых кристаллах любые точечные дефекты решётки, в т. ч. примесные атомы, при низких темп-рах делокализуются и превращаются в квазичастицы, практически свободно движущиеся через кристалл. Состояние П. характеризуется квазиимпульсом p и энергетич. спектром $\mathcal{E}(p)$, имеющим зонную структуру (см. Дефектон).

Движение П. определяет процессы диффузии. Схематично вид температурной зависимости коэф. диффузии D для П. приведен на рис. В области I (высокие

темп-ры) движение П. осуществляется в осн. с помощью термоактив. механизма и коэф. диффузии экспоненциально падает с понижением темп-ры. Это либо классич. диффузия, при к-рой примесный атом переходит в соседний узел кристаллич. решётки, преодолевая нек-рый энергетич. барьер, либо диффузия, обусловленная наличием в кристалле термоактивированных подвижных вакансий (в а к а н с и о в). В первом случае показатель экспоненты в выражении для коэф. диффузии задаётся высотой барьера, а во втором — энергией активации вакансионов и, в отличие от обычных кристаллов, вообще не зависит от типа примеси. В области II движение П. является зонным, а длина свободного пробега П. в кристалле ограничена их столкновениями с тепловыми возбуждениями (напр., с фононами), число к-рых убывает при понижении T . Это приводит к росту коэф. диффузии при охлаждении кристалла, что совершенно не свойственно для диффузии дефектов в обычных твёрдых телах. При низких темп-рах (область III) число фононов в кристалле мало и пробег П. определяется столкновениями П. между собой или с др. дефектами кристалла. В этой области коэф. диффузии П. не зависит от темп-ры и задаётся концентрацией П.

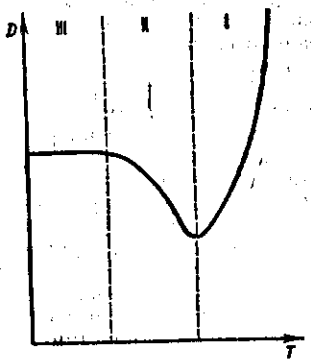
Все три области наблюдались экспериментально при изучении методом ядерного магнитного резонанса диффузии примесных атомов ^3He в кристалле ^4He . Ширина энергетич. зоны П. оказалась крайне мала: в системе единиц, где $\lambda = 1$, — порядка $10^{-3} - 10^{-4}$ К (для вакансионов в ^4He порядка 1 К). В результате энергии упругого взаимодействия П. между собой (каждый П. создает вокруг себя поле упругой деформации решётки, с к-рым взаимодействуют др. П.) по величине становится меньше ширины зоны только при очень больших расстояниях между П. При этом сечение σ рассеяния П. друг на друга оказывается аномально большим ($\sigma \sim 100 \text{ \AA}^2$; a — атомный размер), а коэф. диффузии в области III сложным образом зависит от концентрации ^3He .

Лит.: Андреев А. Ф., Диффузия в квантовых кристаллах, «УФН», 1976, т. 118, с. 251. А. Э. Мейерович.

ПРИМИТИВНАЯ РЕШЕТКА — см. в ст. Браге решетки.

ПРИСОЕДИНЕННАЯ МАССА — фиктивная масса (или момент инерции), к-рая присоединяется к массе (или моменту инерции) движущегося в жидкости тела для количеств. характеристики инерции окружающей его жидкой среды. При неустановившемся поступат. движении тела (см. Нестационарное движение) в идеальной жидкости (в отличие от установившегося движения) возникает сопротивление жидкости, пропорциональное ускорению движения тела и обусловленное увлечением среды, окружающей тело; коэф. пропорциональности и представляет собой П. м. Физ. смысл П. м. заключается в том, что если присоединить к телу движущемуся в жидкости, дополнит. массу, равную массе жидкости, увлекаемой телом, то закон его движения в жидкости будет таким же, как в пустоте.

Значение П. м. для тел разной формы различно и зависит от ориентации тела относительно направления его движения. Для кругового цилиндра П. м. равна массе жидкости в объеме цилиндра. Для цилиндра с осевым направлением, имеющим форму эллипса, движущегося в жидкости в направлении, перпендикулярном направ-



Зависимость коэффициента диффузии D примесных от температуры T .